PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 8. 18. November 1899. 1. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen.
L. Wulff, Über die Ostwaldschen Reaktionskurven von Chrom. S. 81.
W. Eichhorn, Widerstand des Wismut im veränderlichen magnetischen Felde. S. 81.
J. Klemenčič, Über die Wärmeentwickelung durch Foucaultsche Ströme bei sehr schnellen Schwingungen. S. 83.

Vorträge etc.
L. Boltzmann, Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit. (Fortsetzung.) S. 84.

Vorträge und Discussionen von der 71. Naturforscherversammlung zu München:
9. W. Ostwald, Periodisch veränderliche Reaktionsgeschwindigkeiten. S. 87.

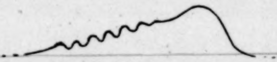
Personalien. S. 88.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Ostwaldschen Reaktionskurven von Chrom.

Von L. Wulff, Schwerin i. M.

Als bei Gelegenheit des betreffenden Vortrages auf der Münchener Naturforscherversammlung[1]) die Streifen mit den Reaktionskurven des Chrom unter den Zuhörern herumgegeben wurden, fiel mir auf, dass dieselben nicht auf eine einfache periodische Änderung hinwiesen, sondern auf Vorgänge zweierlei Natur. Die stark aufsteigenden Teile der Kurve erschienen einheitlich, aber an den langsam aufsteigenden Teilen war stets auf den drei Streifen, wenn auch verschieden stark, deutlich sekundäre Wellenbildung zu erkennen, etwa wie in nebenstehender Figur angegeben ist. Sollte die Kurvenform immer so beschaffen sein, so wäre der Vorgang wohl auf eine Kombination von Wirkungen



zurückzuführen, deren eine noch wieder weit kürzere Perioden zeigt. Das Fehlen der sekundären Wellenbildung auf dem Wellenteil mit starker Neigung könnte allerdings nur scheinbar sein, weil in stark auf- oder absteigenden Kurventeilen kleine sekundäre Wellen nicht so deutlich zu erkennen sind. Es wäre deshalb interessant, wenn die Kurven auch auf einem 2—3 mal schneller fortschreitenden Streifen entworfen würden, so dass die Neigung der Wellenteile dann vermindert würde, um zu entscheiden, ob beiderseits vom Wellenberge sekundäre Wellen auftreten.

In Bezug auf die Annahme der Doppelnatur des Chrom will ich noch darauf hinweisen, dass bei vielen Chromsalzen, z. B. bei Chromalaun, zweierlei Lösungen bekannt sind, die sich wesentlich anders verhalten, wie es bei anderen Substanzen der Fall ist. Von den beiden Lösungen ist nur eine schnell krystallbildend, die andere geht erst allmählich (nach anderweitigen Angaben erst vollständig nach 8 Jahren) in die krystallisationsfähige Lösung über. Deshalb ist die Erklärung, es handle sich hierbei um Lösungen von Hydraten mit verschiedenem Wassergehalt, nicht allgemein anerkannt worden. Es könnte ja vielleicht diese eigenartige Doppelnatur mit der etwaigen Doppelnatur des Chrom zusammenhängen, und wäre es gewiss interessant zu untersuchen, ob sich die beiden Chrommodifikationen gegen die verschiedenen Lösungen desselben Chromsalzes verschieden verhalten.

Weil die Zeit sehr knapp war bei der Discussion, nahm ich davon Abstand, diese Fragen in München zur Sprache zu bringen.

München, 22. September 1899.

(Eingegangen 23. Septbr. 1899.)

1) Vgl. dieses Heft S. 87.

Widerstand des Wismut im veränderlichen magnetischen Felde.

Von W. Eichhorn.

Die Veränderlichkeit des Wismutwiderstandes im magnetischen Felde und die Verwendung der Wismutspirale zur Bestimmung der Feldstärke legt die Frage nahe, ob das Wismut den der jeweiligen Feldstärke entsprechenden Widerstand augenblicklich annimmt oder dazu eine gewisse Zeit braucht, also eine Art Hysteresis zeigt.

Die Frage wurde untersucht mit Hilfe einer Wheatstoneschen Brückenkombination, indem der Widerstand einer Wismutspirale (in der bekannten Konstruktion von Hartmann und Braun) an einer bestimmten Stelle ruhend in einem magnetischen Felde und an derselben Stelle

bei schnellem Hindurchschlagen durch das Feld bestimmt wurde. Eine Hartgummischeibe *S* (Fig. 1) trug die Wismutspirale *Sp*, welche den einen Zweig der Brücke bildete. Gerade gegenüber von der Spirale war auf der Scheibe ein Kontaktplättchen *C* eingelassen, welches beim Hindurchgehen zwischen den metallischen Federn *ff* den Messstrom des Elementes *e* schloss. Wurde die Spirale auf eine bestimmte Stelle des magnetischen Feldes (erzeugt durch den Elektromagneten *M*), zwischen dessen Polen sie rotierte, eingestellt und die Federn *f* bis auf *C* verschoben, so dass der Messstrom in dieser Stellung der Spirale geschlossen war, so ergab sich der Widerstand der Spirale ruhend im Feld. Wurde dann die Scheibe *S* mit der Spirale um die Achse *A* gedreht, so ergab sich der Widerstand an derselben Stelle des Feldes für die bewegte Spirale. Es war also dasselbe Verhältnis, als wenn die Spirale an eine ihrer Feldstärke und dem dadurch bedingten Wismutwiderstande nach genau bestimmte Stelle eines schnell veränderlichen magnetischen Feldes gebracht wurde. Es fragte sich nun, ob der Widerstand der bewegten Spirale (d. h. bei schnell bis zu einer bestimmten Höhe anwachsendem Felde) gleich dem Widerstande der ruhenden Spirale (d. h. bei konstanter Feldstärke) an derselben Stelle sei.

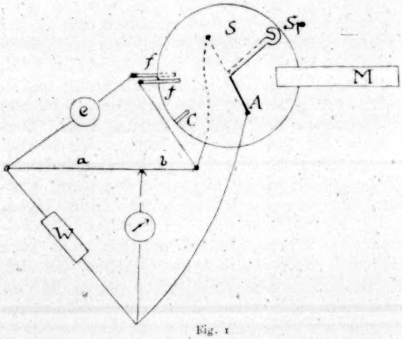


Fig. 1

Da bei den Beobachtungen mit rotierender Scheibe der Messstrom bei jeder Umdrehung nur während ganz kurzer Zeit geschlossen war, so musste seine Insensität verstärkt werden, um die gleiche Galvanometerempfindlichkeit zu erreichen, wie bei der Messung mit konstantem Strome (Trockenelement). Zugleich aber musste der Nachweis geliefert werden können, dass die Messungen mit schwachem konstanten und starkem unterbrochenen Strom übereinstimmten und nicht etwa eine Störung z. B. durch die Joulesche Wärme des starken Messstromes einträte. Zu diesem Zwecke wurde auf der Achse *A* eine zweite Scheibe *K*, gegen *S* beliebig verstellbar, angebracht, welche statt *S* das Kontaktplättchen *C* trug und zwischen den Federn *f* lief. Die Zuleitung zur Spirale führte isoliert durch die Achse *A* beider Scheiben. Wurde jetzt *S* durch eine Klemmschraube *r* in einer bestimmten Stellung im Felde festgehalten und *K* auf Kontakt gestellt, so konnte der schwache Messstrom benutzt werden, um den Widerstand der ruhenden Spirale zu bestimmen. Ebenso aber konnte die Scheibe *K* jetzt für sich allein gedreht werden. Sie schloss jedesmal für einen Augenblick den jetzt eingeschalteten, bei weitem stärkeren Strom des Elementes *E* (30 Volt), der durch die Unterbrechungen hinreichend abgeschwächt wurde. Es ergab sich, dass die Messungen mit konstantem und unterbrochenem Strome genau übereinstimmten, letztere also zuverlässig und zugleich sehr empfindlich waren.

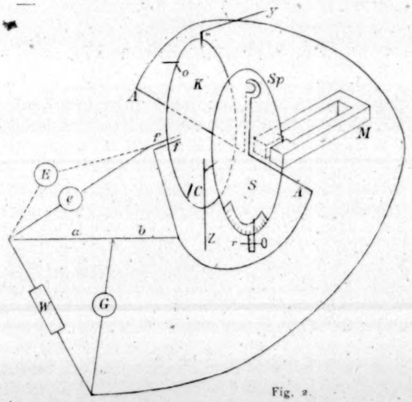


Fig. 2

Endlich konnten beide Scheiben zugleich in einer festen Stellung gegeneinander rotieren und es ergab sich mit Hilfe des unterbrochenen Stromes der Widerstand für dieselbe Stelle des bewegten Feldes.

Das Durchschlagen der Spirale durch das Feld erzeugte zwei entgegengesetzt gleiche Induktionsströme, da die parallel liegenden Drähte der Spirale eine kleine Fläche einschlossen, welche Kraftlinien schnitt. Also musste eine Kompensationsschleife eingeschaltet werden, welche gleichzeitig mit der Spirale durchs Feld ging und so verschoben werden konnte, dass sie die Induktionswirkung gerade aufhob. Die Kompensation war für jede Stelle des Feldes besonders zu bewirken, war unabhängig von der Umdrehungszahl und gelang stets vollkommen.

Das Verfahren war nun folgendes: Zuerst wurde die Spirale bei annähernder Kompensation mit Hilfe einer an der Scheibe *S* angebrachten Teilung an einer genau bestimmten

Stelle des Feldes festgestellt und der Widerstand ruhend bestimmt, wobei *K* so auf *A* festgeklemmt sein musste, dass *C* die Federn *f* berührte. Dann wurde durch Drehen die Kompensation für diese Stelle geprüft und genau herbeigeführt, hierauf die Widerstandsbestimmung an der betr. Stelle ruhend mit konstantem Strome wiederholt. Jetzt begann, ohne dass an der gegenseitigen Stellung von *S* und *K* etwas geändert war, die Rotation, wobei *E* eingeschaltet wurde, und so ergab sich der Widerstand der bewegten Spirale bei einer bestimmten Umdrehungszahl genau an der früheren Stelle des Feldes mit Hilfe des starken unterbrochenen Stromes. Zum Schlusse wurde die Widerstandsbestimmung der ruhenden Spirale mit konstantem Strome und schliesslich auch mit unterbrochenem Strome (indem nur *S* rotierte) wiederholt.

Es ergab sich

I. eine Verschiedenheit des Widerstandes der ruhenden und bewegten Spirale an den verschiedenen Stellen des Feldes, nämlich

1. Vor der Mitte des Feldes blieb der Widerstand der bewegten Spirale hinter dem der ruhenden zurück.

2. In der Mitte des Feldes — oder etwas hinter derselben — waren beide Widerstände gleich.

3. Hinter der Mitte des Feldes war der Widerstand der bewegten Spirale grösser als der der ruhenden.

4. In noch grösserer Entfernung von der Mitte wurden beide Widerstände wieder gleich.

II. Abhängigkeit der Differenz der beiden Widerstände von der Umdrehungszahl, nämlich

1. Vor der Mitte des Feldes nahm der Widerstand der bewegten Spirale gegen den der ruhenden an ein und derselben Stelle bei wachsender Umdrehungszahl asymptotisch ab bis zu einem Minimum.

2. Hinter der Mitte nahm der Widerstand der bewegten Spirale gegen den der ruhenden bei wachsender Umdrehungszahl asymptotisch zu bis zu einem Maximum.

Als Beleg mögen folgende Zahlen dienen:

ad I: Der Widerstand der Spirale betrug im unmagnetischen Felde 35,57 Ω. Dann wurde z. B. ermittelt

	Stelle des Feldes (willk. Skala)	Widerstand ruhend	wahre Feldstärke	Widerstand bewegt	scheinbare Feldstärke	Unterschied der scheinb. u. wahren Feldstärke
vor der Mitte	77	44.87	6450	43.70	5 800	— 10,1 %
in der Mitte	70	47.39	7 750	47.45	7 775	+ 0.3 %
hinter d. Mitte	67	44.36	6 100	45.26	6 800	+ 14,8 %

ad II: An ein und derselben Stelle des Feldes (77) von der wahren Feldstärke 8900 ergab sich bei *n* Umdrehungen der Scheibe pro *sec*, was einem Ansteigen des Feldes von 0 auf 8900 in $t = 0{,}06\,n$ *sec* entsprach, die scheinbare Feldstärke um *p* Proz. kleiner als die wahre:

n	*t*	scheinbare Feldstärke	*p*
0	∞	8900	0
1	0,06	8650	2,8
2	0,03	8450	5,0
3	0,02	8250	7,2
4	0,015	8200	7,9
10	0,006	8215	7,7
15	0,004	8245	7,5

Von kleinen Unsicherheiten des Beobachtungsmaterials abgesehen, welche z. B. auch die geringe scheinbare Zunahme der Feldstärken bei den grössten Rotationsgeschwindigkeiten erklären dürften, scheint aus den erhaltenen Zahlen zu folgen

1. dass der Widerstand des Wismut beim Übergange von einem schwachen in ein starkes Feld hinter dem zu erwartenden zurückbleibt,

2. dass beim umgekehrten Gange der Widerstand über den zu erwartenden hinausgeht,

3. dass der Betrag der Widerstandsänderung (bis zu einem gewissen Zeitminimum) von der Zeit abhängt, in welcher die Änderung des Feldes erfolgt.

Aus den angegebenen Zahlen folgt weiter, dass, wie bekannt, die Wismutspirale zur Bestimmung der Stärke konstanter magnetischer Felder unter allen Umständen brauchbar ist (da ja das der Feldstärke entsprechende Maximum des Widerstandes schliesslich stets erreicht wird), dass dagegen die Spirale zur Bestimmung von Momentanwerten in schnell wechselnden Feldern (mit Hilfe einer Joubertschen Phasenscheibe) nicht ohne weiteres verwandt werden kann.

Zum Schlusse sei darauf hingewiesen, dass, falls in den Beobachtungsresultaten nicht bisher übersehene, etwa aus der Versuchsanordnung entspringende Fehlerquellen zu Tage treten sollten, die mitgeteilten Erscheinungen sich am einfachsten durch die Annahme erklären, dass das Wismut eine Art viskose Hysteresis des Widerstandes zeigt.

Ein ausführlicher Bericht folgt später in Wiedemanns Annalen.

Göttingen (Phys. Inst.), Oktbr. 1899.

(Eingegangen 31. Oktbr. 1899.)

Über die Wärmeentwickelung durch Foucaultsche Ströme bei sehr schnellen Schwingungen.[1])

Von Ignaz Klemenčič.

Entladet man eine Leydener Flasche durch ein Solenoid, so erhält man bekanntlich unter

1) Vgl. Sitzungsbericht der K. Akad. der Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl. Bd. CVIII, Mai 1899, S. 568.

Umständen im Innern des Solenoids ein rasch wechselndes magnetisches Feld. Bringt man einen Leiter in ein solches Feld, so werden in ihm Ströme induziert, durch welche eine Wärmeentwickelung bedingt ist. Eine einzige Entladung genügt allerdings nicht, um eine gut beobachtbare Wärmeentwickelung hervorzubringen; man muss deren mehrere aufeinanderfolgen lassen, wie dies mittels eines zur Ladung der Leydener Flasche verwendeten Induktoriums leicht geschehen kann. Insbesondere aber eignet sich hierzu ein Induktorium mit einem Wehnelt-Unterbrecher. In diesem Falle giebt eine Leydener Flasche von der Grösse der Massflaschen, welche durch ein Solenoid von etwa 10—15 cm Länge und 3—5 Windungen pro Längeneinheit entladen wird, ganz bemerkenswerte Wirkungen. Eine Quecksilber-Thermometerkugel, in das Innere des Solenoids gebracht, zeigt in 10—20 Sekunden einen Temperaturanstieg von mehreren Graden. Bei einem Induktorium von 10—15 cm Schlagweite waren z. B. folgende Resultate zu verzeichnen, wenn im Primärkreise 20 Accumulatoren eingeschaltet waren. Es zeigte bei einer Schliessungsdauer des Primärstromes von 5 Sekunden:

Eine Thermometerkugel von 1,85 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 0,62°.

Eine Thermometerkugel von 1,54 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 0,97°.

Eine Thermometerkugel von 1,19 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 1,43°.

Eine Thermometerkugel von 0,98 cm Durchmesser einen Temperaturanstieg von 1,70°.

Die Erwärmung nimmt mit abnehmendem Durchmesser zu, was sich aus dem hauptsächlich oberflächlichen Verlaufe der induzierten Ströme erklären lässt.

Ferner wurde die Erwärmung verschieden dicker Eisendrähte untersucht. Zu diesem Zwecke verfertigte ich mir drei nahezu gleiche Alkoholthermometer mit cylindrischem Gefässe. Für die Anfertigung eines solchen Thermometers wurde eine cylindrische Glasröhre von 4 mm innerer Weite benutzt, an welche eine Kapillare angeschmolzen war. Das andere Ende der cylindrischen Röhre war ein wenig ausgezogen und zunächst offen. Hier wurden die Eisendrähte in das Thermometergefäss gebracht, hierauf das ausgezogene Ende zugeschmolzen und das Thermometer mit Alkohol gefüllt.

Thermometer *A* enthielt einen 98 mm langen und 0,58 mm dicken, weichen Eisendraht vom Gewichte 0,18 g. Das Thermometergefäss enthielt 1,07 g Alkohol. Dieses Thermometer zeigte in 5 Sekunden einen Temperaturanstieg von 0,48°. Es berechnet sich daraus für die Volumeneinheit des Eisens und für die Sekunde eine Wärmeentwickelung von 2,6 Cal. oder eine Arbeitsleistung von 109×10^6 Erg.

Thermometer *B* enthielt 10 weiche Eisendrähte von 0,205 g Gesamtgewicht. Dicke eines einzelnen Drahtes = 0,2 mm; Länge = 90 mm. Gewicht des Alkohols = 1,26 g. Die Erwärmung betrug unter gleichen Umständen wie oben 1,14°. Daraus folgt für die Volumeneinheit und für die Sekunde eine Wärmeentwickelung von 6,6 Cal. oder 277×10^6 Erg.

Thermometer *C* enthielt keinen Draht und diente nur dazu, um mit Sicherheit nachzuweisen, dass die Erwärmung bei *A* und *B* nur durch das Vorhandensein der Eisendrähte bedingt war.

Diese Versuche ergeben das bemerkenswerte Resultat, dass die Wärmeentwickelung pro Volumeneinheit beim dicken Draht kleiner ist als beim dünnen. Bei Wechselströmen, wie sie in der Praxis vorkommen, wächst die Wärmeentwickelung mit dem Durchmesser des Drahts ausserordentlich rasch an. Auch bei elektrischen Oscillationen, deren Dauer weniger als ein Tausendstel einer Sekunde beträgt, ist der Energieverbrauch bei dicken Drähten viel grösser als bei dünnen, wie dies aus Versuchen hervorgeht, welche der Verfasser über die Magnetisierung durch oscillatorische Kondensatorentladungen gemacht hat. (Vide: Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 104 und 107 und Wied. Ann. Bd. 58.)

(Eingegangen 7. Novbr. 1899.)

VORTRÄGE ETC.

Über die Entwickelung der Methoden der theoretischen Physik in neuerer Zeit.

Von Ludwig Boltzmann.

(Fortsetzung.)

Von den schon vor Hertz bekannten verschiedenen Ätherwellen gehen, wie man längst wusste, die einen durch diese, die anderen durch jene Körper leichter hindurch. So lässt wässerige Alaunlösung alle sichtbare, aber nur wenig ultrarote Strahlung hindurch, welche dafür eine für sichtbares Licht völlig undurchlässige Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff mit Leichtigkeit durchdringt. Die Hertzschen Wellen durchdringen fast alle Körper mit Aus-

nahme der Metalle und Elektrolyte. Wenn daher Marconi an einem Orte sehr kurze Hertzsche Wellen erregte und an einem viele Kilometer entfernten mit einer passenden Modifikation des Apparates, den wir Auge für Hertzsche Wellen genannt haben, in Morsezeichen umsetzte, so konstruierte er eigentlich nichts anderes als einen gewöhnlichen optischen Telegraphen; nur dass er statt Wellen von etwa 500 Billionen solche von ungefähr dem zehnten Teil einer Billion von Schwingungen in der Sekunde anwandte. Dies hat den Vorteil, dass die letzteren Wellen durch Nebel, ja selbst Gestein fast ungeschwächt hindurchgehen. Einen Berg von gediegenem Metall oder einen Nebel von Quecksilbertröpfchen würden sie so wenig durchdringen, wie das sichtbare Licht einen gewöhnlichen Berg oder Nebel.

Die Mannigfaltigkeit der uns bekannten Strahlenarten wurde noch vermehrt durch die mit Recht so gefeierte Entdeckung der Röntgenstrahlen. Diese durchdringen alle Körper, auch die Metalle; letztere, sowie metallhaltige Körper, wie die kalciumhaltigen Knochen, aber unter erheblicher Schwächung. Die an allen früher besprochenen Strahlen nachgewiesenen Erscheinungen der Polarisation, Interferenz und Beugung konnten an ihnen noch nicht beobachtet werden. Wären sie wirklich jeder Polarisation unfähig, so müssten es, wenn überhaupt Wellen, longitudinale sein; aber es muss selbst die Möglichkeit offen gelassen werden, dass sie auch der Interferenz unfähig, also überhaupt keine Wellen sind, weshalb man vorsichtig von Röntgenstrahlen, nicht von Röntgenwellen spricht. Würde einst ein sie polarisierender Körper entdeckt, so spräche dies dafür, dass sie qualitativ dem Lichte gleich sind; sie müssten aber noch viel, viel kleinere Schwingungsdauer haben, als selbst das äusserste Ultraviolett oder vielleicht nur, wie einige Physiker glauben, aus rasch sich folgenden Stosswellen bestehen.

Im Hinblick auf diese enorme Mannigfaltigkeit von Strahlen möchten wir fast mit dem Schöpfer darüber rechten, dass er unser Auge nur für einen so winzigen Bereich derselben empfindlich gemacht hat. Es geschähe dies hier, wie immer, mit Unrecht; denn überall wurde dem Menschen nur ein kleiner Bereich eines grossen Naturganzen direkt geoffenbart und dafür dessen Verstand befähigt, die Erkenntnis des übrigen durch eigene Anstrengung zu erringen.

Wären die Röntgenstrahlen wirklich longitudinale Wellen des Lichtäthers, was zu glauben ihr Entdecker gleich anfangs sehr geneigt war, und was noch bis heute durch keine einzige Thatsache widerlegt ist, so läge uns da ein eigentümlicher, in der Wissenschaft nicht einzig dastehender Fall vor. Die klassische theoretische Physik hatte ihre Ansicht über die Beschaffenheit des Lichtäthers vollkommen fertig. Nur eins fehlte noch, wie man glaubte, zur unumstösslichen Bestätigung ihrer Richtigkeit, nämlich die logitudinalen Ätherwellen; diese aber konnte man um keinen Preis finden. Jetzt, da bewiesen ist, dass der Lichtäther einen wesentlich anderen Bau haben muss, da er ja auch Vermittler der elektrischen und magnetischen Wirkungen ist, jetzt, da die alte Ansicht über die Beschaffenheit des Lichtäthers abgethan ist, kommt man post festum ihrer ersehnten Bestätigung der Entdeckung von Longitudinalwellen im Äther so nahe.

Ähnlich ging es mit der Weberschen Theorie der Elektrodynamik. Diese basiert, wie wir sahen, auf der Annahme, dass die Wirkung elektrischer Massen von deren Relativbewegung abhängt, und gerade zur Zeit, als die Unzulänglichkeit der Weberschen Theorie definitiv bewiesen wurde, fand Rowland in Helmholtz' Laboratorium durch einen direkten Versuch, dass bewegte Elektricitäten anders als ruhende wirken. In früherer Zeit wäre man wohl geneigt gewesen, dies für einen direkten Beweis der Richtigkeit der Weberschen Theorie zu halten. Heute weiss man, dass es kein Experimentum crucis ist, dass es vielmehr ebenso aus der Maxwellschen Theorie folgt.

Ferner folgt aus einer Modifikation der Weberschen Theorie, dass nicht bloss die stromführenden Leiter, sondern auch die Ströme in diesen selbst durch den Magneten abgelenkt werden müssen. Auch diese Erscheinung, welche man lange vergebens gesucht hatte, wurde von dem amerikanischen Physiker Hall zu einer Zeit aufgefunden, wo sich die Anhänger der Weberschen Theorie wegen vorangegangener weit grösserer Niederlagen längst des Triumphes nicht mehr freuen konnten.

Solche Erscheinungen beweisen, wie vorsichtig man sein muss, wenn man in der Bestätigung einer Konsequenz einen Beweis für die unbedingte Richtigkeit einer Theorie erblicken will. Nach Maxwells Anschauung stimmen eben oft Bilder, welche in vielen Fällen der Natur angepasst wurden, automatisch auch noch in manchen anderen, woraus aber noch nicht die Übereinstimmung in allen folgt. Andererseits zeigen diese Erscheinungen, dass auch eine falsche Theorie nützlich sein kann, wenn sie nur Anregung zu neuartigen Versuchen in sich birgt.

Durch die angeführten Entdeckungen von Hertz, Röntgen, Rowland, Hall war bewiesen, dass Faraday doch auch seinen Nachfolgern noch etwas zu finden übriggelassen hat. Hieran schliessen sich noch manche andere Entdeckungen der neuesten Zeit, von denen

hier nur die Zeemans vom Einflusse des Magnetismus auf das ausgesandte Licht und die vom korrespondierenden Einflusse auf die Lichtabsorption erwähnt werden mögen. Alle diese Erscheinungen, von denen viele von Faraday gesucht wurden, konnten mit den damaligen Mitteln absolut nicht beobachtet werden. Hat daher oft das Genie mit den kleinsten Mitteln das Grösste geleistet, so sieht man hier umgekehrt, dass zu manchen Leistungen der Menschengeist doch erst durch die gegenwärtige enorme Vervollkommnung der Beobachtungsapparate und Experimentiertechnik befähigt wird.

Die meisten der geschilderten ganz neuartigen Erscheinungen sind bis jetzt erst in ihren ersten Grundzügen bekannt. Die Erforschung ihrer Einzelheiten, ihrer Beziehungen untereinander und zu allen anderen bekannten Erscheinungen, mit einiger Übertreibung möchte ich sagen, ihre Einlage in den mechanisch-physikalischen Webstuhl eröffnet für die Zukunft ein fast unermesslich scheinendes Arbeitsfeld. Die reichen, schon im Beginne erzielten praktischen Erfolge (Röntgenphotographie, Telegraphie ohne Draht, Radiotherapie) lassen die praktische Ausbeute ahnen, welche die sonst immer allein erst praktisch fruchtbare Detailforschung bringen wird. Die Theorie aber wurde aus ihrer Ruhe aufgeschreckt, in der sie schon fast alles erkannt zu haben glaubte, und es gelang bis heute noch nicht, die neuen Erscheinungen in ein so einheitliches Lehrgebäude zusammenzufassen, wie es das alte gewesen war; vielmehr ist heute noch alles im Schwanken und in Gärung begriffen.

Diese Verwirrung wurde durch das Zusammenwirken mancher anderer Umstände mit den genannten vermehrt. Es sind da zunächst gewisse philosophische Bedenken gegen die Grundlagen der Mechanik zu erwähnen, welche am deutlichsten durch Kirchhoff ausgesprochen wurden. Man hatte in die alte Mechanik unbedenklich den Dualismus zwischen Kraft und Stoff eingeführt. Die Kraft betrachtete man als ein besonderes Agens neben der Materie, welches die Ursache aller Bewegung ist; ja, man stritt sogar ab und zu, ob die Kraft ebenso wie die Materie existiere oder eine Eigenschaft der letzteren sei, oder ob umgekehrt die Materie als Produkt der Kraft angesehen werden müsse.

Kirchhoff war weit entfernt, diese Fragen beantworten zu wollen, er hielt jedenfalls die ganze Art der Fragestellung für unzweckmässig und nichtssagend. Um sich aber jedes Urteils über den Wert solcher metaphysischer Betrachtungen enthalten zu können, erklärte er, alle diese dunklen Begriffe ganz vermeiden und die Aufgabe der Mechanik auf die einfachste, unzweideutigste Beschreibung der Bewegung der Körper beschränken zu wollen, ohne sich um die metaphysische Ursache derselben zu kümmern. In seiner Mechanik ist daher bloss von materiellen Punkten und den mathematischen Ausdrücken die Rede, durch welche die Bewegungsgesetze der ersteren formuliert werden; der Begriff der Kraft fehlt vollständig. Hatte einst Napoleon in der Kapuzinergruft zu Wien gerufen: „Alles ist eitel mit Ausnahme der Kraft", so strich jetzt Kirchhoff auf einer Druckseite die Kraft aus der Natur, jenen deutschen Professor beschämend, von dem Karl Moor erzählt, dass er sich vermass, trotz seiner Schwäche auf seinem Katheder das Wesen der Kraft zu behandeln, aber doch nicht diese zu vernichten.

Kirchhoff hat selbst das Wort Kraft später wieder eingeführt, aber nicht als metaphysischen Begriff, sondern bloss als abgekürzte Bezeichnung für gewisse algebraische Ausdrücke, welche bei der Beschreibung der Bewegung beständig vorkommen. Später hat man wohl diesem Worte öfter wieder, besonders im Hinblick auf die Analogie mit der für den Menschen so geläufigen Muskelanstrengung, eine erhöhte Bedeutung vindiciert, aber die alten dunklen Fragestellungen und Begriffe werden wohl niemals mehr in der Naturwissenschaft wiederkehren.

Kirchhoff hatte an der alten klassischen Mechanik keine materielle Änderung vorgenommen; seine Reformation war eine rein formale. Viel weiter ging Hertz, und während fast alle späteren Autoren die Darstellungweise Kirchhoffs nachahmten, hier und da freilich oft mehr gewisse, bei Kirchhoff stehende Ausdrucksweisen, als dessen Geist, so habe ich Hertz' Mechanik zwar sehr oft preisen gehört, aber noch niemanden sah ich auf dem von Hertz gewiesenen Wege weiter wandeln.

Es ist, soviel ich weiss, noch nicht darauf hingewiesen worden, dass ein Gedanke in der Kirchhoffschen Mechanik, wenn man dessen letzte Konsequenzen zieht, direkt zu den Hertzschen Ideen führt. Kirchhoff definiert nämlich den wichtigsten Begriff der Mechanik, den der Masse, nur für den Fall, dass beliebige Bedingungsgleichungen zwischen den materiellen Punkten bestehen. In diesem Falle sieht man klar die Notwendigkeit des von Kirchhoff als Masse bezeichneten Faktors. In den anderen Fällen, wo sich die materiellen Punkte ohne Bedingungsgleichungen so bewegen, wie es den alten Kraftwirkungen entsprach, so z. B. in der Elasticitätslehre, Aëromechanik etc., schwebt Kirchhoffs Massenbegriff in der Luft, und die hieraus folgende Unklarheit schwindet erst dann

vollständig, wenn man die letzteren Fälle überhaupt ausschliesst.

Dies that Hertz. Die wichtigsten der Kräfte der alten Mechanik waren direkte Fernkräfte zwischen je zwei materiellen Punkten gewesen. Kirchhoff entfernte die Frage nach der metaphysischen Ursache dieser Fernwirkung aus der Mechanik; aber Bewegungen, welche genau nach denselben Gesetzen erfolgen, als ob diese Fernkräfte bestünden, liess er zu. Nun ist man heute, wie wir sahen, überzeugt, dass die elektrischen und magnetischen Wirkungen durch ein Medium vermittelt werden. Bleibt nur noch die Gravitation, von der schon ihr Entdecker Newton annahm, dass sie wohl wahrscheinlich der Wirkung eines Mediums zuzuschreiben sei, und die Molekularkräfte. Letztere lassen sich angenähert in festen Körpern durch die Bedingung der Unveränderlichkeit der Gestalt, in tropfbarflüssigen durch die der Unveränderlichkeit des Volumens ersetzen. Die Ersetzung der Elasticität, der Expansivkraft kompressibler Flüssigkeiten, der Krystallisations- und chemischen Kräfte durch Bedingungen von einer analogen Form ist zwar bis heute noch nicht gelungen. Aber offenbar in der Voraussetzung, dass sie gelingen werde, verwirft Hertz im Gegensatz zu Kirchhoff auch jede Bewegung, die so geschieht, wie sie die alten Fernkräfte fordern, und lässt bloss Bewegunngen zu, für welche derartige Bedingungen bestehen, deren Form von ihm genauer mathematisch definiert wird. Das Einzige, was er nebst diesen Bedingungen zum Aufbau der ganzen Mechanik noch verwendet, ist ein Bewegungsgesetz, welches einen speciellen Fall des Gaussschen Prinzips des kleinsten Zwanges darstellt.

Hat also Kirchhoff bloss die Frage nach der Ursache der Bewegungen, die man sonst den Fernkräften zuschrieb, verpönt, so merzt Hertz diese Bewegungen selbst aus und sucht die Kräfte durch Bedingungsgleichungen zu erklären, während man sonst umgekehrt die Bewegungsbedingungen aus Kräften erklärte. Hertz unterfängt sich daher in viel wahrerem Sinne als Kirchhoff, die Kraft selbst zu überwältigen. Er schuf so ein frappierend einfaches, von ganz wenigen, gewissermassen sich logisch von selbst darbietenden Prinzipien ausgehendes System der Mechanik. Leider schloss sich im gleichen Momente sein Mund auf ewig den tausend Fragen um Erläuterungen, die gewiss nicht auf meinen Lippen allein schweben.

(Fortsetzung im nächsten Heft.)

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

VORTRÄGE UND DISCUSSIONEN

von der 71. Naturforscherversammlung zu München.

W. Ostwald, Periodisch veränderliche Reaktionsgeschwindigkeiten.

Bei einer genaueren Untersuchung des Vorganges der Auflösung von metallischem Chrom in Säuren, vorzugsweise Salzsäure, welche durch die merkwürdigen, von W. Hittorf (Ztschr. f. phys. Chemie 25, 729) erhaltenen Resultate veranlasst war, stellte sich heraus, dass die Geschwindigkeit dieses Vorganges periodischen Änderungen von grosser Regelmässigkeit unterworfen ist. Lässt man den Wasserstoff, der sich bei der Einwirkung doppelt normaler Salzsäure auf Chrom entwickelt, in Blasen durch eine nahezu horizontal gelegte Röhre treten, so kann man an der wechselnden Entfernung der aufeinanderfolgenden Blasen leicht erkennen, dass Zeiten schneller Gasentwickelung mit solchen, wo die Gasentwickelung fast (aber nicht ganz) Null ist, in regelmässiger Folge abwechseln.

Diese Wechsel dauern unter langsamer Zunahme der Periode infolge der eintretenden Sättigung der Säure an, bis das Metall völlig gelöst ist, sie rühren also von etwas her, was im Metall selbst liegt.

Um die Erscheinungen genauer untersuchen zu können, wurde ein Registrierapparat konstruiert, welcher auf folgendem Prinzip beruht.

Lässt man das sich entwickelnde Gas durch eine lange Kapillare austreten, so stellt sich im Apparate ein Druck her, welcher der Entwickelungsgeschwindigkeit proportional ist, denn die Ausströmungsgeschwindigkeit eines Gases durch eine Kapillare ist proportional dem Drucke. Wenn man also den in jedem Augenblicke vorhandenen Druck sich aufzeichnen lässt, so giebt die erhaltene Kurve die zeit-

lichen Änderungen der Reaktionsgeschwindigkeit an.

Die Aufzeichnung der Drucke erfolgte nach der in der Physiologie üblichen Methode mittels einer manometrischen Kapsel, welche einen Hebel mit Zeichenfeder bethätigt. Die Linie schreibt sich auf einen Streifen endlosen Papieres auf, welcher mit einer Geschwindigkeit von 2 mm in der Minute durch ein einfaches Uhrwerk bewegt wird.

Es ergab sich, dass reines Chrom die Erscheinung ebensowenig zeigt, wie irgend ein anderes Metall. Nur ältere Proben des von Goldschmidt mittels Aluminium hergestellten Chrom, welche an Verunreinigungen hauptsächlich Eisen, Silicium, Kohle und Schwefel enthielten, ergaben Schwingungen. Welche von den Verunreinigungen wesentlich ist, konnte noch nicht ermittelt werden, da es noch nicht gelungen ist, schwingendes Chrom willkürlich darzustellen. Am wahrscheinlichsten ist die von Dr. Goldschmidt geäusserte Vermutung, dass der etwa $^1/_2$ Proz. betragende Schwefelgehalt die entscheidende Rolle spielt.

Was die Gesetze anlangt, denen die Erscheinung unterworfen ist, so ist zunächst die Periode an verschiedenen Stücken individuell verschieden; doch bleibt sie gewöhnlich wesentlich ungeändert, bis das Stück völlig gelöst wird. Sie wird also auch an verschiedenen Stücken, die nebeneinander aus demselben grösseren Stücke herausgenommen sind, annähernd gleich ausfallen.

Die Periode ändert sich umgekehrt, wie die Konzentration der Säure; sie ist um so kleiner, je stärker die Säure ist.

Ebenso ändert sich die Periode mit der Temperatur in dem Sinne, dass sie mit steigender Temperatur schnell abnimmt. Der Koefficient entspricht einer Verdoppelung der Geschwindigkeit auf 10 bis 15^0, stimmt also mit den anderen Temperaturkoefficienten chemischer Reaktionsgeschwindigkeiten der Ordnung nach überein.

Die Ausbildung der Periode hängt im wesentlichen vom Metall ab. Hängt man zwei Stücke Chrom mit verschiedenen Perioden in die gleiche Säure, doch so, dass sie sich nicht metallisch berühren, so erfolgt die Gasentwickelung an beiden Stücken unabhängig, und der Apparat registriert die Summenkurve der beiden Geschwindigkeiten. Lässt man dagegen die beiden Stücke sich unmittelbar oder mittelbar metallisch berühren, so wird eine einheitliche Linie geschrieben und zwar mit der Periode des schnelleren Stückes. Dies rührt vermutlich daher, dass der aktive Zustand eines Stückes Chrom sich durch metallische Berührung auf ein anderes übertragen lässt.

Die Periode ist ferner in hohem Masse abhängig von katalytischen Einflüssen. Ein Zusatz von Jodkalium, Rhodankalium, Cyankalium und anderen Stoffen hebt die Perioden ganz auf, wenn er etwas reichlich (bis 10 Proz. vom Äquivalent der Säure) bemessen wird. Für jeden dieser Stoffe giebt es aber kleinere Konzentrationen, in welchen die Wirkung sich nur in einer Verlängerung der Periode zeigt, die mit Vermehrung des Zusatzes zunimmt. In Äquivalenten der Säure liegt diese Konzentration der blossen Verzögerung für Jodionen bei 0.01, für Rhodanionen bei 0.00001, für Cyanionen bei 0.0001. Am wirksamsten von den bisher untersuchten Stoffen ist Formaldehyd, welcher noch in einer Verdünnung von 1 : 1000000 die Schwingungen völlig aufhebt. Die genauere Bestimmung der Grenze wird durch die Veränderlichkeit dieser sehr verdünnten Lösungen des oxydierbaren Stoffes erschwert.

Ausser verzögernden Katalysatoren giebt es beschleunigende. Dies sind meist Oxydationsmittel. Als Beschleuniger erwiesen sich Salpetersäure, Chlorsäure, Bromsäure. Hier sind die erforderlichen Konzentrationen grösser als bei den Verzögerern; man muss die Zusätze von 0.001 bis 0.1 bemessen, um eine sichtbare Wirkung zu haben.

Die Verzögerungen und Beschleunigungen erfolgen in Bezug auf die Periode des vorhandenen Stückes Chrom, ändern also seine natürliche Periode in bestimmtem Verhältnisse. Ebenso superponieren sich die Wirkungen von Beschleunigern und Verzögerern, die man gleichzeitig derselben Lösung zusetzt.

(Eingegangen 14. Oktbr. 1899.)

(Selbstreferat des Vortragenden.)

Discussion.

Kohlrausch. Ich bin durch den Vortrag an eine Erscheinung erinnert worden, die ich vor vielen Jahren beobachtet habe, aber willkürlich nicht wieder hervorrufen konnte, dass nämlich bei der Elektrolyse von Platinchlorid zum Zwecke der gewöhnlichen Platinierung eine periodische Gasentwickelung auftrat.

(Vgl. hierzu L. Wulff, dieses Heft S. 81.)

Personalien.

An der Universität Heidelberg hat sich Dr. Max Bodenstein für Physikalische Chemie, an der Universität Jena Dr. Matthes aus Eisenach für Pharmacie und Nahrungsmittelchemie habilitiert.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.